



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 45 995 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 21 F 5/012**

②① Aktenzeichen: 100 45 995.1  
②② Anmeldetag: 18. 9. 2000  
④③ Offenlegungstag: 7. 6. 2001

DE 100 45 995 A 1

③⑩ Unionspriorität:  
11-338896 30. 11. 1999 JP  
⑦① Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP  
⑦④ Vertreter:  
Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

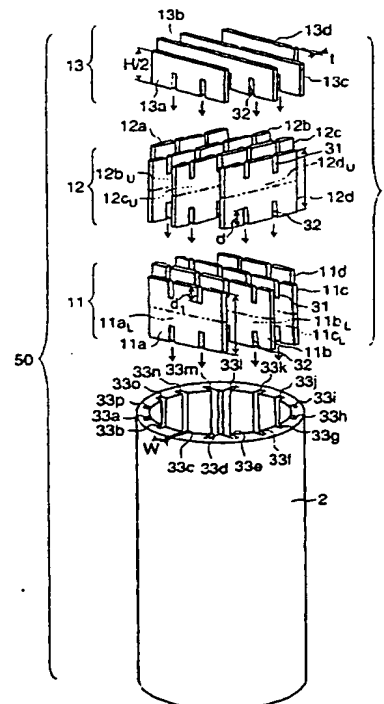
⑦② Erfinder:  
Doumori, Seigou, Hitachi, Ibaraki, JP; Ichinose,  
Masaru, Hitachinaka, Ibarai, JP; Mine, Masao, Mito,  
Ibaraki, JP; Shimizu, Masashi, Hitachi, Ibaraki, JP;  
Oda, Masashi, Hitachi, Ibaraki, JP; Kanai, Hidetoshi,  
Ibaraki, JP; Nakayama, Tadakazu, Hitachi, Ibaraki,  
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Behälter für radioaktives Material mit einem Einsatz

⑤⑦ Der Behälter für radioaktives Material enthält einen Einsatz (50), in dem in Einsatzplattengruppen (11, 12, 13) angeordnete Einsatzplatten (11a-11d, 12a-12d, 13a-13d) den Raum für die Aufnahme des radioaktiven Materials gitterförmig unterteilen. Der Einsatz wird von einem Verstärkungselement in der Form eines zylindrischen Halterohrs (2) verstärkt, das über den ganzen Außenumfang des Einsatzes läuft. Die Einsatzplatten (11a-11d, 12a-12d, 13a-13d) sind in Nuten (33) am Innenumfang des Halterohrs (2) eingesetzt.



DE 100 45 995 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Behälter für radioaktives Material und insbesondere einen Einsatz dafür, das heißt einen Behälter mit einem Einsatz für stark radioaktiven Abfall, abgebrannte Brennstäbe von Kernkraftwerken und dergleichen.

Die abgebrannten Brennstäbe von Kernkraftwerken werden zur Rückgewinnung von brauchbaren Kernbrennstoffen wie Uran, Plutonium und dergleichen wieder aufgearbeitet. Dabei entsteht stark radioaktiver Abfall. Der stark radioaktive Abfall wird verglast und als fester Körper aufbewahrt. Der feste Körper mit dem radioaktiven Abfall muß gekühlt werden, da der radioaktive Zerfall Wärme erzeugt. Erst wenn die Wärmeproduktion abgenommen hat, ist es möglich, den Abfall endzulagern.

Der abgebrannte Kernbrennstoff wird bis zur Wiederaufarbeitung in Abklingbecken des Kernkraftwerks aufbewahrt. Die Menge an abgebrannten Brennstäben steigt jedoch Jahr für Jahr an, und die Kapazität der Abklingbecken erschöpft sich, so daß es erforderlich ist, neue Speichermöglichkeiten zur Aufbewahrung des radioaktiven Materials für eine lange Zeit zu entwickeln.

Als Speichereinrichtungen für radioaktives Material sind die sogenannten "trockenen" Speichereinrichtungen bekannt, bei denen die vom radioaktiven Material ausgehende Strahlung durch den Behälter für das Material selbst abgeschirmt wird. Als Abschirmmaterial für die Strahlung wird dabei ein metallisches Material oder Beton verwendet.

Um abgebrannten Kernbrennstoff innerhalb oder außerhalb von Kernkraftwerken in einem stabilen Zustand lagern zu können, werden in der Praxis trockene Lagermethoden wie die Lagerung in Metallfässern, Gewölben, Silos, Betonfässern und dergleichen und nasse Speichermethoden wie die Lagerung in Wassertanks angewendet. Angesichts der Kosten gewinnt bei der stabilen Lagerung für lange Zeit die trockene Lagerung, insbesondere die Lagerung in Metallfässern, an Bedeutung.

Bei der Lagerung in Metallfässern wird in dem Behälter (Faß) für den abgebrannten Kernbrennstoff ein Einsatz mit einer Anzahl gitterförmiger Abschnitte angeordnet, und die abgebrannten Kernbrennstoffelemente werden so gelagert, daß die einzelnen Elemente in den gitterförmigen Abschnitten voneinander getrennt sind.

Dabei spielt der Einsatz bei der Übertragung der Wärme, die der Kernbrennstoff in den abgebrannten Brennstäben erzeugt, auf den Behälter für den abgebrannten Kernbrennstoff eine Rolle; und er spielt außerdem eine Rolle bei der Absorption der Strahlung, die der Kernbrennstoff abstrahlt, um zu verhindern, daß das Material im Behälter kritisch wird. Es wird daher als Material für den Einsatz zum Beispiel ein Metall mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit wie Aluminium verwendet, zu dem ein Neutronenabsorber wie Bor hinzugefügt wird.

Um ein Kritischwerden zu verhindern, muß der Einsatz eine Struktur besitzen, durch die die Kernbrennstoffelemente voneinander getrennt sind und es auch bleiben, auch wenn der Behälter für den abgebrannten Kernbrennstoff in eine beliebige Position gebracht wird. Der Einsatz muß darüberhinaus ausreichend fest sein, um das Gewicht der Brennstoffelemente und das des Behälters aufzunehmen, wenn eine große äußere Kraft wie ein Stoß von außen auf den Behälter einwirkt.

Beispiele für Behälter mit metallischem Material zur Abschirmung und für den Einsatz sind in der JP-A-2-293698 (1990) und der JP-A-6-094892 (1994) beschrieben.

Bei dem in der JP-A-2-293698 (1990) beschriebenen Einsatz sind kreisförmige Elemente (Scheiben) und halbkreis-

förmige Elemente (Hülsen) mit einer Anzahl Öffnungen, die der Anzahl Abschnitten entsprechen, in axialer Richtung angeordnet; ein Abstandhalter ist in den Raum zwischen benachbarten kreisförmigen (oder halbkreisförmigen) Elementen eingesetzt, damit der Abstand aufrechterhalten bleibt; und es sind vier Stabelemente an vier Umfangsabschnitten angeordnet, die jeweils durch die Abstandhalter laufen. Der Einsatz wird durch Zusammenschrauben der kreisförmigen Elemente und der Abstandhalter fest zusammengesetzt, wobei zwei Schrauben an den beiden Enden der Stabelemente sich durch zwei kreisförmige Elemente an den beiden Enden in der Axialrichtung der kreisförmigen Elemente erstrecken, wobei die vorstehenden Schraubenabschnitte mit Muttern zusammengezogen werden.

Bei dem in der JP-A-6-094892 (1994) beschriebenen Einsatz wird eine erste Einsatzplattengruppe mit einer Anzahl von Einsatzplatten, die parallel zueinander ausgerichtet sind, und eine zweite Einsatzplattengruppe mit einer Anzahl von Einsatzplatten, die parallel zueinander und senkrecht zur Richtung der ersten Einsatzplattengruppe ausgerichtet sind, in Gitterform durch vertikales und abwechselndes Aufeinandersetzen zusammengesetzt, um durch die Intervalle zwischen den Einsatzplatten die einzelnen Abschnitte auszubilden. In jeder Stufe (das heißt den Abschnitten in axialer Richtung) dieser Laminatstruktur sind zwei seitliche Verstärkungsplatten mit etwa Teilkreisform an den beiden Enden der ersten Einsatzplattengruppe oder der zweiten Einsatzplattengruppe befestigt. Verbindungselemente, die in axialer Richtung über die ganze Länge verlaufen, sind an Abschnitten in Umfangsrichtung am äußeren Umfang des Gitters angeordnet, und der Aufbau wird durch festes Zusammenschrauben des ganzen Körpers mit der ganzen ersten Einsatzplattengruppe und der zweiten Einsatzplattengruppe mittels der Verbindungselemente zusammengesetzt. Dieser Stand der Technik weist jedoch die folgenden Nachteile auf.

Bei dem Stand der Technik nach der JP-A-2-293698 (1990) werden wegen des Aufbaus mit Abstandhaltern, die zwischen ein große Anzahl von kreisförmigen Elementen einzusetzen sind, und da die kreisförmigen Elemente von den vier Stabelementen durchsetzt und durch Zusammenschrauben befestigt werden, zahlreiche Komponenten benötigt, und der Zusammenbau ist kompliziert und erfordert eine große Anzahl von Mannstunden. Da in den kreisförmigen Elementen eine große Anzahl von rechteckigen Öffnungen ausgebildet ist, muß der Abstand zwischen den Öffnungen (die Teilung) aus Festigkeitsgründen relativ groß gemacht werden, weshalb die Anzahl Abschnitte pro Einheitsfläche klein ist.

Bei dem Stand der Technik nach der JP-A-6-094892 (1994) werden wegen des Aufbaus mit zwei seitlichen Verstärkungsplatten, die bei jeder Stufe eingebaut werden müssen, und da alle Einsatzplattengruppen fest mit den Verbindungselementen verschraubt werden müssen, die in Umfangsrichtung an einer Anzahl Abschnitte angeordnet sind, zahlreiche Komponenten benötigt, und der Zusammenbau ist kompliziert und erfordert eine große Anzahl von Mannstunden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Behälter für radioaktives Material zu schaffen, bei dem die strukturelle Festigkeit des Einsatzes hinsichtlich der einzelnen Speicherplätze für das radioaktive Material sichergestellt ist und der verbesserte Abschirmeigenschaften gegenüber der Strahlung sowie bessere Wärmeableiteigenschaften aufweist.

Der Einsatz für den Behälter für das radioaktive Material soll dabei so ausgestaltet sein, daß die Anzahl der Komponenten verhältnismäßig klein ist.

Außerdem soll der Zusammenbau des Behälters für das radioaktive Material einfach sein.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit dem in den Patentansprüchen angegebenen Einsatz für einen Behälter für radioaktives Material gelöst.

Mit der vorliegenden Erfindung wird demnach ein Einsatz für einen Behälter für radioaktives Material mit einem Hauptbehältnis in zylindrischer Form mit einer Bodenplatte und einem Deckelabschnitt an einem Rand der Öffnung des Hauptbehältnisses geschaffen, wobei der Einsatz mit plattenförmigen Elementen versehen ist, die den Raum zum Unterbringen des radioaktiven Materials im Hauptbehältnis gitterartig unterteilen, und wobei ein Verstärkungselement zum Verstärken des äußeren Umfangs des Einsatzes über dem gesamten äußeren Umfang des Einsatzes vorgesehen ist.

Diese Anordnung weist wegen des Verstärkungselements am äußeren Umfang des Einsatzes eine große strukturelle Festigkeit auf. Da das Verstärkungselement am gesamten äußeren Umfang des Einsatzes vorgesehen ist, sind auch die Abschirmeneigenschaften hinsichtlich der Strahlung verbessert. Wenn ein dickes Verstärkungselement verwendet wird, ist die Wärmeableitfähigkeit des Verstärkungselements erhöht, und die durch den Zerfall von radioaktivem Material entstehende Wärme wird schnell nach außen abgeleitet, so daß sich insgesamt die Wärmeableiteigenschaften verbessern.

Über das Verstärkungselement sind die Endabschnitte von benachbarten plattenförmigen Elementen des Einsatzes miteinander verbunden, und die plattenförmigen Elemente sind an den Endabschnitten dicker als an den anderen Abschnitten. Durch diese Anordnung erhöht sich die strukturelle Festigkeit weiter, und die auch die Wärmeableiteigenschaften werden besser.

Wenigstens eines der plattenförmigen Elemente weist eine größere Dicke der Platten auf als andere plattenförmige Elemente, und beide Enden des dicken plattenförmigen Elements sind mit dem Verstärkungselement verbunden. Durch diese Anordnung erhöht sich die strukturelle Festigkeit des Einsatzes weiter.

Das Verstärkungselement wird vorteilhaft aus wärmeleitendem Material hergestellt, oder die äußeren Umfangsabschnitte des Verstärkungselements werden mit dem wärmeleitenden Material umkleidet. Bei dieser Anordnung wird der Wärmefluß am äußeren Abschnitt des Verstärkungselements gleichmäßiger, und die Maximaltemperatur im Behälter verringert sich.

Die obige Aufgabe wird auch mit einem Einsatz für einen Behälter zur Aufnahme von radioaktivem Material zur Lagerung oder zum Transport gelöst, der eine Anzahl Abschnitte in Gitterform zur Aufnahme des radioaktiven Materials umfaßt, wobei eine Anzahl von Einsatzplatten in Gitterform zusammengesetzt ist, um die Anzahl Abschnitte durch Abstände untereinander zu bilden; und wobei ein in etwa zylindrisches Verstärkungselement zum Erhöhen der Festigkeit der Gitterstruktur durch Halten und Fixieren des äußeren Umfangs der Anzahl von Einsatzplatten am inneren Umfangsabschnitt vorgesehen ist.

Durch Halten und Fixieren des äußeren Umfangsabschnittes der Anzahl von Einsatzplatten, die in Gitterform zusammengesetzt sind, durch das in etwa zylindrische Verstärkungselement wird erfindungsgemäß der äußere Umfangsabschnitt, der der schwächste Abschnitt der Gitterstruktur ist, verstärkt, so daß eine ausreichende Festigkeit sichergestellt ist. Bei diesem Aufbau bestehen die strukturellen Elemente des Einsatzes lediglich aus den Einsatzplatten für die Gitterstruktur und dem in etwa zylindrischen Verstärkungselement, so daß sich die Anzahl der strukturellen Elemente wesentlich verringert.

Vorzugsweise werden die äußeren Umfangsabschnitte der Einsatzplatten in Gitterform in Nuten oder Schlitzte am inneren Umfang des in etwa zylindrischen Verstärkungselements eingesetzt und dort gehalten.

Durch das Ausbilden der Struktur mittels Verbinden der Gitterelemente durch Einsetzen in die Schlitzte oder Nuten wird ein fester und starrer Aufbau erhalten, ohne daß wie bei den herkömmlichen Strukturen geschraubt oder geschweißt werden muß, und eine Deformation der Einsatzplatten, die die Abschnitte bilden, kann sicher verhindert werden. Der Zusammenbau ist daher bei dem erfindungsgemäßen Aufbau einfacher, wobei die gleiche Festigkeit und Steifigkeit wie bei den herkömmlichen Strukturen erhalten wird.

Vorzugsweise umfaßt die Anzahl von Einsatzplatten eine erste Einsatzplattengruppe, deren Platten parallel in einer Richtung ausgerichtet sind, und eine zweite Einsatzplattengruppe, deren Platten parallel in einer Richtung ausgerichtet sind, die senkrecht auf der Richtung der ersten Einsatzplattengruppe steht, wobei die Plattengruppen in axialer Richtung abwechselnd aufeinandergesetzt werden.

Entsprechend läßt sich der Aufbau zum Sichern der Abschnitte für die Aufnahme des radioaktiven Materials in Rechteckform leicht realisieren.

Vorzugsweise sind die Platten der ersten Einsatzplattengruppe und die Platten der zweiten Einsatzplattengruppe mit senkrecht verlaufenden Schlitzten an den kreuzenden Abschnitten versehen, und die erste Einsatzplattengruppe und die zweite Einsatzplattengruppe werden durch Kombinieren der Schlitzte miteinander in axialer Richtung abwechselnd aufeinandergesetzt.

Wenn eine Anzahl von Einsatzplatten in Gitterform zusammengesetzt wird, kann damit die Laminatstruktur in axialer Richtung (zum Beispiel in vertikaler Richtung) leicht dadurch erhalten werden, daß einfach die Schlitzte der einen Einsatzplattengruppe in die Schlitzte einer anderen Einsatzplattengruppe eingesetzt werden. Der Zusammenbau vereinfacht sich dadurch weiter.

Vorzugsweise kann das in etwa zylindrische Verstärkungselement in Axialrichtung in mehrere Teile aufgeteilt sein, und die erste Einsatzplattengruppe, die zweite Einsatzplattengruppe und das in etwa zylindrische Verstärkungselement kann in Axialrichtung durch Einsetzen eines Vorsprungs an den Enden der Einsatzplatten der ersten Einsatzplattengruppe und der zweiten Einsatzplattengruppe in eine in Axialrichtung verlaufende Nut am Rand der Teile zu einem Körper zusammengebaut werden.

Entsprechend wird auch dann, wenn eine große äußere Kraft auf den Behälter für das radioaktive Material einwirkt und zum Beispiel der Einsatz eine Stoßkraft in axialer Richtung erfährt, das Gewicht der einzelnen Einsatzplatten jeweils durch das entsprechende Teil des in etwa zylindrischen Verstärkungselements über den jeweiligen Vorsprung aufgenommen, und die Kraft wird nicht auf die Einsatzplatte am in Axialrichtung einen Ende in Axialrichtung (zum Beispiel die oberste Stufe) oder am in Axialrichtung anderen Ende (zum Beispiel die unterste Stufe) übertragen. Entsprechend können die einzelnen Einsatzplatten dünner gemacht werden, und es kann damit mehr radioaktives Material in dem Behälter untergebracht werden.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform eines Behälters für abgebrannte Brennstäbe;

Fig. 2 eine teilweise aufgeschnittene perspektivische Ansicht des Behälters der Fig. 1;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Wärmeflusses am Behältereinsatz und dem Halterohr des

Einsatzes;

Fig. 4 eine auseinandergezogene Ansicht einer zweiten Ausführungsform des Einsatzes für einen Behälter für abgebrannte Brennstäbe;

Fig. 5(a) und 5(b) eine teilweise aufgeschnittene, auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Anordnung beim Zusammenbau eines modifizierten Beispiels, wobei am oberen und unteren Abschnitt des Halterohrs Anschläge vorgesehen sind; bzw. eine perspektivische Ansicht der Anordnung nach dem Zusammenbau;

Fig. 6(a), 6(b) und 6(c) eine teilweise aufgeschnittene, auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Anordnung beim Zusammenbau eines modifizierten Beispiels, wobei die Anschläge am oberen Abschnitt des Halterohrs durch ein Ringelement ersetzt sind; bzw. perspektivische Ansichten der Anordnung nach dem Zusammenbau;

Fig. 7(a) und 7(b) eine teilweise aufgeschnittene, auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Anordnung beim Zusammenbau eines modifizierten Beispiels, wobei das Halterrohr in mehrere Teile aufgeteilt werden kann; bzw. eine perspektivische Ansicht der Anordnung nach dem Zusammenbau;

Fig. 8(a) und 8(b) perspektivische Ansichten einer Anordnung, die durch Kombinieren eines Teils des in mehrere Teile geteilten Halterohrs der Fig. 7 und eines Teils der Anordnung der Fig. 4 erhalten wird; bzw. einer Anordnung, bei der die Übergangsabschnitte nach dem Zusammenbau durch Schweißen fixiert werden;

Fig. 9 einen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform eines Behälters für abgebrannte Brennstäbe; und

Fig. 10 einen Querschnitt durch eine vierte Ausführungsform eines Behälters für abgebrannte Brennstäbe.

Unter einem Behälter für radioaktives Material ist hier ein Behälter für die Aufnahme von abgebrannten Kernbrennstoffelementen, ein Behälter für die Aufnahme von verglasten Festkörpern mit radioaktivem Abfall und dergleichen zu verstehen.

Anhand der Zeichnung werden im folgenden beispielhaft Ausführungsformen von Behältern für abgebrannte Kernbrennstoffe beschrieben.

Die Behälter können jedoch auch für die Aufnahme von radioaktivem Abfall in der Form von verglasten Festkörpern vorgesehen werden.

#### Erste Ausführungsform

Die Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch einen Behälter für abgebrannte Kernbrennstoffe gemäß der ersten Ausführungsform.

Die Fig. 2 ist eine teilweise aufgeschnittene perspektivische Ansicht, die den inneren Aufbau des Behälter der Fig. 1 zeigt.

Der Behälter 101 der vorliegenden Ausführungsform ist ein dicht zu verschließender Behälter zum Lagern von abgebrannten Kernbrennstoffen aus Kernkraftwerken. Der Behälter 101 besteht aus einem Hauptbehältnis 102 in der Form eines metallischen Zylinders mit einer Bodenplatte, einem Einsatz 103 im Hauptbehältnis 102 und einem Dekkelabschnitt 104 an der Öffnung des Hauptbehältnisses 102.

Im Einsatz 103 sind in Gitterform plattenförmige Elemente 103A angeordnet, die den Raum für die Aufnahme von abgebrannten Kernbrennstoffelementen 105 unterteilen. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist über den ganzen äußeren Umfang des Einsatzes 103 ein Halterrohr 106 vorgesehen, das als Verstärkungselement dient und das den Einsatz 103 am äußeren Umfang verstärkt. Das Halterrohr 106 hat eine zylindrische Form, und beide Enden der plattenförmigen Elemente 103A des Einsatzes 103 sind an dessen In-

nenumfang mit dem Halterrohr 106 verbunden. Die Wand des Halterrohrs 106 ist dicker als die plattenförmigen Elemente 103A. Der Einsatz 103 und das Halterrohr 106 sind aus rostfreiem Stahl.

Bei diesem Behälter für abgebrannte Kernbrennstoffelemente sind die Endabschnitte von benachbarten plattenförmigen Elementen 103A miteinander über das Halterrohr 106 verbunden, da beide Endabschnitte der plattenförmigen Elemente 103A des Einsatzes 103 am inneren Umfang mit dem Halterrohr 106 verbunden sind. Die strukturelle Festigkeit des Einsatzes 103 erhöht sich damit, und es wird ein Einsatz erhalten, dessen Festigkeitseigenschaften hervorragend sind.

Da das Halterrohr 106 am gesamten Umfang des Einsatzes 103b vorgesehen ist und den Einsatz 103 vollständig umgibt, trifft die vom Kernbrennstoff 105 in diametraler Richtung ausgehende Strahlung zwangsläufig auf das Halterrohr 106. Das Halterrohr 106 trägt daher ebenfalls zur Abschirmung der Strahlung bei.

Die Abschirmeigenschaften des Halterrohrs 106 werden im folgenden anhand der untenstehenden Gleichung (1) erläutert. Die Gleichung 1 zeigt die Strahlungsdosis an, die die Wand des Halterrohrs 106 durchsetzt, wenn die Dicke der Wand des Halterrohrs 106 in Strahlungsrichtung mit  $a$  bezeichnet wird. Der Absorptionskoeffizient des Halterrohrs 106 hinsichtlich einer Strahlung mit der Energie  $E$  wird mit  $\sigma(E)$  bezeichnet und die Strahlungsdosis vor und nach dem Durchsetzen der Wand des Halterrohrs 106 mit  $\mu_0$  bzw.  $\mu$ . Es gilt dann die folgende Beziehung:

$$\mu/\mu_0 \propto \exp [-\sigma_a(E) \cdot a] \quad \text{Gleichung (1)}$$

Der Abschirmeffekt ergibt sich aus der Tatsache, daß die Strahlung, die vom Kernbrennstoff 105 ausgeht, notwendigerweise die Wand des Halterrohrs 106 durchlaufen muß, da das Halterrohr 106 den Einsatz 103 am ganzen äußeren Umfang umgibt. Wie die Gleichung (1) zeigt, erhöht sich der Abschirmeffekt, wenn die Dicke der Wand des Halterrohrs 106 größer wird.

Da die Wand des Halterrohrs 106 dicker ist als die plattenförmigen Elemente 103A, verbessern sich auch die Wärmeableiteigenschaften. Die Beziehung zwischen der Dicke der Wand des Halterrohrs 106 und den Wärmeableiteigenschaften wird anhand der Fig. 3 erläutert. Die Wärme aus dem radioaktiven Zerfall in den abgebrannten Kernbrennstoffelementen 105 hat in den plattenförmigen Elementen 103A des Einsatzes 103 einen Wärmefluß  $a$  nach außen zur Folge.

Wenn die thermische Leitfähigkeit des Halterrohrs 106 klein ist, ist auch der durch die Wand des Halterrohrs 106 abfließende Wärmefuß  $b$  klein, und die Wärme wird hauptsächlich mit dem Wärmefuß  $c$  zum Hauptbehältnis 102 des Behälters übertragen. Die Temperatur an den Stellen P1 ist dann höher als die an den Stellen P2, und der Wärmefuß  $d$  ist kleiner als der Wärmefuß  $c$ .

Da jedoch die Wärmeleitfähigkeit zur Dicke der Wand des Halterrohrs 106 proportional ist, ist die Temperaturverteilung im Halterrohr 106 gleichmäßiger, wenn deren Wandung relativ dick ist. Der Wärmefuß  $c$  nimmt dann ab und der Wärmefuß  $d$  zu, so daß der Unterschied zwischen dem Wärmefuß  $c$  und dem Wärmefuß  $d$  kleiner wird. Entsprechend nimmt die Temperatur des Halterrohrs 106 und des Einsatzes 103 ab, und die Wärmeableiteigenschaften des Behälters verbessern sich. Durch Erhöhen der Wanddicke des Halterrohrs 106 werden somit der Abschirmeffekt und die Wärmeableiteigenschaften besser.

## Zweite Ausführungsform

Die Fig. 4 zeigt eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht des Aufbaus einer anderen Ausführungsform (der zweiten Ausführungsform) des Einsatzes 103 der Fig. 1 für den Behälter für abgebrannten Kernbrennstoff.

Der Einsatz ist für einen Behälter für abgebrannten Kernbrennstoff (zum Beispiel ein Faß) für die Aufnahme von abgebrannten Kernbrennstoffelementen zur Lagerung oder zum Transport des abgebrannten Kernbrennstoffs vorgesehen.

Wie in der Fig. 4 gezeigt, ist der Einsatz gitterförmig zusammengesetzt, er umfaßt eine Anzahl von Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d und weitere zum Ausbilden einer Anzahl von Gitterabschnitten (nicht gezeigt) für die Aufnahme der abgebrannten Kernbrennstoffelemente mit einem gegenseitigen Abstand und ein im wesentlichen zylindrisches Halterohr 2, das die Festigkeit der Gitterstruktur 1 durch Halten und Fixieren des jeweils äußeren Umfangsabschnitts der Einsatzplatten 11a, 12a, 13a am inneren Umfangsabschnitt des Halterohrs 2 verstärkt.

Die Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d usw. bilden in der Fig. 4 nur drei Stufen aus, damit die Zeichnung nicht zu kompliziert wird; in der Praxis umfaßt der Einsatz jedoch wenigstens 4 weitere Stufen mit dem gleichen Aufbau unterhalb der aufeinandergesetzten Einsatzplatten 11a-11d. Selbstverständlich können nicht nur vier Platten pro Stufe nebeneinandergesetzt werden, sondern auch drei Platten oder fünf Platten und mehr pro Stufe. Die Bezeichnung "Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d" soll heißen, daß alle diese Fälle eingeschlossen sind.

Die Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d sind so angeordnet, daß vertikale und laterale Einsatzplattengruppen abwechselnd in axialer Richtung (hier von oben nach unten) derart aufeinandergesetzt sind, daß die Platten der einen Gruppe die der nächsten Gruppe unter einem rechten Winkel kreuzen, so daß die Platten der obersten vertikalen Einsatzplattengruppe 13 parallel zueinander in einer bestimmten Richtung ausgerichtet sind und die Platten der nächsten, lateralen Einsatzplattengruppe 12 parallel zueinander in einer Richtung ausgerichtet sind, die zu der Richtung der Platten der vertikalen Einsatzplattengruppe 13 senkrecht steht, undsoweiter.

Mit Ausnahme der Einsatzplatten 13a-13d, die die oberste Einsatzplattengruppe 13 bilden, und der Einsatzplatten (nicht gezeigt), die die unterste Einsatzplattengruppe bilden, weisen die anderen Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d der anderen Einsatzplattengruppen 11, 12 alle das gleiche axiale Maß H (im vorliegenden Fall eine Höhe in Richtung von oben nach unten) auf. Das axiale Maß bzw. die Höhe der Einsatzplatten 13a-13d für die oberste Einsatzplattengruppe 13 und der Einsatzplatten (nicht gezeigt) für die unterste Einsatzplattengruppe ist nicht gleich H, sondern zum Beispiel gleich der Hälfte von H.

Die Platten der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 und die Platten der lateralen Einsatzplattengruppe 12, die über den Platten der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 angeordnet werden, sind an den Stellen, an denen sich die Platten der beiden Gruppen senkrecht kreuzen, mit oberen Schlitten 31 bzw. unteren Schlitten 32 versehen, und die Platten werden so in axialer Richtung aufeinandergelegt, daß die Schlitte 31, 32 ineinander eingreifen, wie es in der Fig. 4 gezeigt ist. Auch die anderen Einsatzplattengruppen weisen solche Schlitte 31, 32 in den Platten auf. Das heißt, daß die Platten der jeweils oberen Gruppe so auf die Platten der jeweils darunterliegenden Gruppe aufgesetzt werden, daß die unteren Schlitte 32 in den Platten der oberen Gruppe in die oberen Schlitten 31 in den Platten der unteren Gruppe eingreifen.

In allen anderen Einsatzplatten sind ebenfalls entsprechende Schlitte ausgebildet, und die Einsatzplattengruppen werden jeweils dadurch aufeinandergelegt, daß die oberen und die unteren Schlitte ineinander eingreifen.

Die Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 sind jedoch nur mit unteren Schlitten 32 ausgestattet, und die Einsatzplatten für die unterste Einsatzplattengruppe nur mit oberen Schlitten 31. Die Höhe der Einsatzplatten in der obersten und der untersten Gruppe oder Stufe ist, wie erwähnt, zum Beispiel gleich der Hälfte von H.

Die Schlitte 31, 32 sind in einem Abstand vorgesehen, der der Größe eines Abschnitts für die Aufnahme der Brennstoffelemente entspricht. Die Tiefe der Schlitte ist so gewählt, daß die Summe der Tiefen der beiden Schlitte 31, 32, die ineinander eingreifen, etwa gleich der halben Höhe der Einsatzplatte (mit Ausnahme der Einsatzplatten in der obersten und der untersten Gruppe oder Stufe) ist. Die Summe der Tiefe d1 der oberen Schlitte 31 etwa in den Einsatzplatten 11a-11d und der Tiefe d2 der unteren Schlitte 32 etwa in den Einsatzplatten 12a-12d ist zum Beispiel etwa gleich der Hälfte von H, das heißt  $d1 + d2 \approx (1/2)H$ . Die Fig. 4 zeigt ein Beispiel, bei dem  $d1 = d2 \approx (1/4)H$  ist. Die Schlitte 31, 32 in den Einsatzplatten in den Gruppen, die nicht zu der obersten oder der untersten Gruppe oder Stufe gehören, haben alle die gleichen Maße.

Die Höhe der Platten in der obersten und der untersten Gruppe oder Stufe ist etwa gleich  $(1/2)H$  und die Tiefe der Schlitte darin etwa gleich  $(1/4)H$ , wie angegeben. Mit anderen Worten entsprechen die Einsatzplatten 13a-13d der Einsatzplattengruppe 13 in der obersten Stufe in Form und Größe im wesentlichen der unteren Hälfte 11aL-11dL (in der Fig. 4 ist die angenommene Grenze zwischen der oberen und der unteren Hälfte der Einsatzplatten durch eine strichpunktierte Linie angezeigt) der Einsatzplatten 11a-11d der Einsatzplattengruppe 11, und die Einsatzplatten der Einsatzplattengruppe in der untersten Stufe entsprechen in Form und Größe im wesentlichen der oberen Hälfte 12aU-12dU der Einsatzplatten 12a-12d der Einsatzplattengruppe 12.

Die Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d bestehen aus einem Material, das einen Neutronenabsorber enthält, etwa aus rostfreiem Stahl, zu dem Bor oder dergleichen hinzugefügt wurde. Die Einsatzplatten haben daher auch die Funktion, ein Kritischwerden zu verhindern, zusätzlich zu der Funktion der Aufteilung in die Abschnitte für die Aufnahme der Brennstoffelemente.

Das Halterohr 2 besteht aus Metall, und am inneren Umfang des Halterohrs, das im wesentlichen eine zylindrische Form hat, sind in Abständen sechzehn Nuten 33a-33p mit jeweils einer Breite w ausgebildet, wobei die Breite w der Nuten etwa der Dicke t der Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d entspricht und die Nuten dafür vorgesehen sind, daß die seitlichen Endabschnitte der Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d darin eingesetzt werden. Es werden jeweils die beiden Endabschnitte (mit anderen Worten der äußere Umfang der Gitterstruktur) der Anzahl Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d, die in Gitterform zusammengesetzt sind, in die Nuten 33a-33p in der Wand des Halterohrs 2 eingesetzt und dort festgehalten (Details werden später noch erläutert).

Bei diesem Aufbau besteht das Halterohr 2 aus einem im wesentlichen zylindrischen Element, das die Gitterstruktur zur Verstärkung umschließt und das die Festigkeit der Gitterstruktur durch Halten und Fixieren der äußeren Umfangsabschnitte der Einsatzplatten am inneren Umfang des Halterohrs 2 erhöht.

Die Platten der Einsatzplattengruppe 13 der obersten Stufe und die der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 sind parallel zueinander in eine und dieselbe Richtung ausgerichtet.

10. Die Platten der zwischen der Einsatzplattengruppe 13 und der Einsatzplattengruppe 11 angeordneten Einsatzplattengruppe 12 und die Platten der untersten Einsatzplattengruppe sind parallel zueinander in einer Richtung ausgerichtet, die zur Richtung der Platten der beiden anderen Einsatzplattengruppen 11, 13 senkrecht liegt.

Der Einsatz der vorliegenden Ausführungsform mit dem beschriebenen Aufbau kann wie folgt zusammengesetzt werden.

Die beiden Enden der einzelnen Einsatzplatten der Einsatzplattengruppe der untersten Stufe (die im wesentlichen die gleiche Form und Größe wie die obere Hälfte 12aU-12dU der Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 haben, wie es oben angegeben ist) werden von oben so in die entsprechenden Nuten 33a-33d, 33i-33l am inneren Umfang des Halterohrs 2 eingesetzt, daß sie zueinander in einer parallelen Beziehung stehen, wobei die Einsatzplatten durch nach-unten-schieben in den Nuten an der gewünschten axialen Stelle im Halterohr 2 angeordnet werden.

Dann werden gleichermaßen die beiden Enden der einzelnen Platten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 von oben so in die entsprechenden Nuten 33e-33h, 33m-33p am inneren Umfang des Halterohrs 2 eingesetzt, daß sie zueinander in einer parallelen Beziehung stehen und daß sie die bereits eingesetzten Platten der untersten Einsatzplattengruppe im rechten Winkel kreuzen. Beim nach-unten-schieben der Platten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 greifen die unteren Schlitze 32 dieser Platten 11a-11d in die oberen Schlitze 31 der Einsatzplatten der untersten Einsatzplattengruppe ein, und die Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 werden so weit nach unten geschoben, bis sich die Böden der Schlitze 31, 32 berühren. Diese beiden Einsatzplattengruppen bilden somit bereits eine Teilgitterstruktur aus, wobei sich der obere Rand der Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 um  $1/2H$  über dem oberen Rand der Einsatzplatten der untersten Einsatzplattengruppe bzw. der untersten Stufe befindet. So werden durch die Einsatzplatten der beiden untersten Gruppen oder Stufen von Einsatzplatten bereits Teile der Abschnitte für die Aufnahme der abgebrannten Kernbrennstoffelemente mit einer Höhe von  $1/2H$  ausgebildet.

Daraufhin werden die beiden Enden der einzelnen Platten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 von oben so in die entsprechenden Nuten 33a-33d, 33i-33l am inneren Umfang des Halterohrs 2 eingesetzt, daß sie zueinander in einer parallelen Beziehung stehen und daß sie die bereits eingesetzten Platten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 im rechten Winkel kreuzen. Beim nach-unten-schieben der Platten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 greifen die unteren Schlitze 32 dieser Platten 12a-12d in die oberen Schlitze 31 der Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 ein, und die Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 werden so weit nach unten geschoben, bis sich die Böden der Schlitze 31, 32 berühren. Die Teilgitterstruktur besteht somit dann bereits aus drei Einsatzplattengruppen, d. h. der Einsatzplattengruppe der untersten Stufe, der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 darüber und der lateralen Einsatzplattengruppe 12 über der Einsatzplattengruppe 11, wobei der obere Rand der Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 um  $1/2H$  über den oberen Rand der Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 vorsteht. Die Abschnitte zur Aufnahme des abgebrannten Kernbrennstoffs haben dann insgesamt die Höhe  $H$ .

In der Folge werden dann abwechselnd auf die gleiche Weise jeweils eine Stufe bzw. Gruppe von Einsatzplatten,

die den Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 entsprechen, und daraufhin eine Stufe oder Gruppe von Einsatzplatten, die den Einsatzplatten 12a-12d der Einsatzplattengruppe 12 entsprechen, auf die bereits bestehenden Gruppen oder Stufen im Halterohr 2 aufgesetzt.

Nach dem Anordnen der Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12, die unter der obersten Stufe liegt (d. h. nach dem Anordnen der Einsatzplatten der zweiten Stufe von oben) werden die beiden Enden der einzelnen Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 von oben so in die entsprechenden Nuten 33e-33h, 33m-33p am inneren Umfang des Halterohrs 2 eingesetzt, daß sie senkrecht auf den Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 stehen, und nach unten geschoben, bis die unteren Schlitze 32 der Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 so in den oberen Schlitzen 31 der Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 liegen, daß sich die Böden der Schlitze 31, 32 berühren.

Der obere Rand der Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 liegt dann auf der gleichen Höhe wie der obere Rand der Einsatzplatten 12a-12d der darunterliegenden lateralen Einsatzplattengruppe 12. Die Gitterstruktur aus der obersten Einsatzplattengruppe 13, der darunterliegenden lateralen Einsatzplattengruppe 12, der wiederum darunter liegenden vertikalen Einsatzplattengruppe 11 ..., der unteren lateralen Einsatzplattengruppe 12, der unteren vertikalen Einsatzplattengruppe 11 und der darunter liegenden untersten Einsatzplattengruppe ist dann vollständig ausgebildet. Das heißt, daß auch die Abschnitte für die Aufnahme des abgebrannten Kernbrennstoffes vollständig in einer Länge ausgebildet sind, die der axialen effektiven Länge der abgebrannten Kernbrennstoffelemente entspricht, wobei jeder der Abschnitte von einer Anzahl vertikaler und lateraler Einsatzplatten der gleichen Höhe umgeben ist, wenn man einmal von den Einsatzplatten der obersten und untersten Stufe absieht.

Mit diesem Aufbau lassen sich die folgenden Vorteile erhalten.

#### (1) Abnahme der Anzahl von Komponenten

Bei dem Einsatz der vorliegenden Ausführungsform werden die einzelnen Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d von den Nuten im Halterohr 2 und den anderen, die erstgenannten Einsatzplatten im rechten Winkel kreuzenden Einsatzplatten in Position gehalten. Das ganze System des Einsatzes bildet so eine starre Struktur mit rechteckförmigen Abschnitten für die Aufnahme der abgebrannten Kernbrennstoffelemente. Insbesondere wird die Festigkeit des äußeren Umfangsabschnitts, der der schwächste Abschnitt der Gitterstruktur 1 ist, durch Halten und Fixieren des äußeren Umfangsabschnitts der Gitterstruktur 1 aus den gitterförmig zusammengesetzten Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d und 13a-13d durch das im wesentlichen zylindrische Halterohr 2 sichergestellt.

Der Aufbau besteht dabei nur aus den Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d für die Gitterstruktur und dem Halterohr 2. Die Anzahl von Komponenten ist daher gegenüber dem Stand der Technik, wie bei dem in der JP-A-2-293698 (1990) beschriebenen, bei dem zwischen kreisförmigen Elementen Abstandhalter eingesetzt sind, die von vier Stabelementen durchsetzt und durch Zusammenschrauben befestigt werden, und dem anderen, dem in der JP-A-6-094892 (1994) beschriebenen, bei dem in jeder Stufe zwei horizontale Verstärkungsplatten angeordnet und in Umfangsrichtung an einigen Abschnitten Verbindungselemente vorgesehen sind und alle Einsatzplatten durch Verschrauben

befestigt werden, wesentlich kleiner. Außerdem ist das Gewicht des Einsatzes kleiner, so daß das Gesamtgewicht des Behälters für abgebrannte Kernbrennstoffe verringert werden kann.

Da der Einsatz vom Haltering 2 umgeben wird, übernimmt dieser auch einen Teil der Abschirmung der von den abgebrannten Kernbrennstoffen ausgehenden Strahlung. Entsprechend kann ein separates Abschirmelement gegen die Strahlung entfallen, so daß sich die Anzahl der Komponenten weiter verringert.

## (2) Vereinfachung des Zusammenbaus

Die Gitterstruktur 1, die eine axial zusammengesetzte Struktur mit rechteckförmigen Abschnitten für die Aufnahme von abgebrannten Kernbrennstoffen ist, kann durch Einsetzen der Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d in vertikaler Ausrichtung und mit seitlich abwechselnder Richtung von oben in das Halterohr 2 leicht zusammengesetzt werden, wobei die unteren Schlitz 32 der jeweils oberen Einsatzplattengruppe in die oberen Schlitz 31 der jeweils darunterliegenden Einsatzplattengruppe eingeführt werden. Da die Gitterstruktur 1 über die Nuten 33 mit dem Halterohr 2 verbunden ist, kann ohne Schrauben und Schweißen ein fester Aufbau erhalten werden, und eine Deformation der Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d, die die Abschnitte bilden, kann sicher vermieden werden. Das heißt, daß der Zusammenbau einfacher ist, obwohl die gleiche Festigkeit wie beim Stand der Technik erreicht wird.

Die Struktur des Einsatzes ist nicht auf die der obigen Ausführungsform beschränkt, es sind etliche Modifikationen möglich. Beispiele für solche Modifikationen werden im folgenden beschrieben.

## (1) Aufbau mit Anschlägen im oberen und unteren Bereich des Halterohrs

Die Fig. 5(a) ist eine der Fig. 1 ähnliche, teilweise aufgeschnittene, auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Anordnung bei einem Modifikationsbeispiel beim Zusammenbau und die Fig. 5(b) eine perspektivische Ansicht der Anordnung nach dem Zusammenbau.

Bei dieser Modifikation werden im oberen Bereich der Nuten 33 (d. h. im oberen Bereich der obersten Einsatzplattengruppe 12 oder im oberen Endbereich der Nuten 33 am oberen Rand des Halterohrs 2) Anschlagenelemente 41 in die Nuten 33a-33p des Halterohrs 2 eingeschraubt oder eingeschweißt und im unteren Bereich der Nuten 33 (d. h. im unteren Bereich der untersten Einsatzplattengruppe 14 am unteren Rand des Halterohrs 2) Anschläge 42 in den Nuten 33a-33p des Halterohrs 2 ausgebildet, wodurch die unteren Endabschnitte der Nuten 33a-33p im Halterohr 2 etwas über der unteren Abschlußebene des Halterohrs 2 liegen (es werden mit anderen Worten die Nuten nicht bis zur unteren Abschlußebene des Halterohrs 2 durchgezogen).

Die Gitterstruktur 1 der Fig. 5 besteht aus vier Einsatzplattengruppen, das heißt der Einsatzplattengruppe 13 der obersten Stufe, der lateralen Einsatzplattengruppe 12 darunter, der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 wiederum darunter und der Einsatzplattengruppe 14 in der untersten Stufe, ähnlich wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform 1.

Die Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe 14 sind nur mit den oberen Schlitz 31 versehen, ihre Höhe beträgt jeweils etwa  $(1/2)H$ . Die oberen Schlitz 31 sind in einem Abstand angeordnet, der dem Abstand der Abschnitte für die Aufnahme der Kernbrennstoffelemente entspricht, und die Tiefe der Schlitz ist etwa gleich  $(1/4)H$ . An den beiden Enden des unteren Randes der Einsatzplatten

14a-14d sind Einschnitte 34 vorgesehen, die den Anschlägen 42 im unteren Abschnitt der Nuten 33a-33d, 33i-33l entsprechen. Die Einschnitte 34 für die Anschläge 42 am unteren Abschnitt der Nuten 33e-33h, 33m-33p sind an den Enden des unteren Randes der Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 der zweiten Stufe von unten ausgebildet. Durch diese Einschnitte 34 können die Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe und die Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 darüber so eingesetzt werden, daß ihr unterer Rand bis zum unteren Rand des Halterohrs 2 bzw. bis zur unteren Abschlußebene des Halterohrs 2 reicht.

Bei dieser Modifikation wird die Gitterstruktur durch aufeinanderfolgendes Einsetzen und Anordnen der Einsatzplatten in der Reihenfolge der Einsatzplattengruppen von der Einsatzplattengruppe 14 über die vertikale Einsatzplattengruppe 11 und die laterale Einsatzplattengruppe 12 zu der Einsatzplattengruppe 13 der obersten Stufe in die Nuten 33a-33l des Halterohrs 2 und schließlich Anordnen und Befestigen der Anschlagenelemente 41 durch Verschweißen oder Verschrauben im Bereich des oberen Abschnitts der Nuten 33a-33p ausgebildet.

Bei dieser Modifikation ist zwar ein Verschweißen oder Verschrauben der Anschlagenelemente 41 erforderlich. Die vier Einsatzplattengruppen 13, 12, 11 und 14 und das Halterohr 2 bilden dabei jedoch eine Einheit, und da die Einsatzplatten 13a-13d, 12a-12d, 11a-11d und 14a-14d von den Anschlägen 41, 42 zusammengehalten werden, können diese Elemente wie ein einteiliger Körper behandelt werden.

Wenn am oberen Ende und am unteren Ende der Kernbrennstoffelemente keine Einsatzplatten zur Verhinderung eines Kritischeswerdens erforderlich sind, sind die Anschläge besonders vorteilhaft, da das Gewicht der Anordnung durch Weglassen der nicht erforderlichen Einsatzelemente verringert werden kann.

Auch die Anschläge 42 am unteren Ende der Nuten 33 können natürlich wie die Anschlagenelemente 41 im oberen Bereich durch Einsätze für die Nuten gebildet werden.

## (2) Ein Aufbau, bei dem die Anschläge im oberen Bereich des Halterohrs durch einen Ring ersetzt werden

Die Fig. 6(a) ist eine teilweise aufgeschnittene, auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Anordnung bei einem Modifikationsbeispiel beim Zusammenbau und die Fig. 6(b) eine perspektivische Ansicht der Anordnung nach dem Zusammenbau.

Wie in den Fig. 6(a) und 6(b) gezeigt, wird bei dieser Modifikation anstelle von eingeschraubten oder eingeschweißten Anschlägen 41 im oberen Bereich des Halterohrs 2 zur Befestigung der Einsatzplatten ein kurzes Halterohr oder ein Haltering 20 ohne Nuten verwendet. Damit sich der Haltering 20 nicht drehen kann, ist er mittels eines Verbindungselements (nicht gezeigt) mit dem Halterohr 2 verbunden.

Bei dieser Modifikation wird die Gitterstruktur durch aufeinanderfolgendes Einsetzen und Anordnen der Einsatzplatten in der Reihenfolge der Einsatzplattengruppen von der untersten Einsatzplattengruppe 14 über die vertikale Einsatzplattengruppe 11 und die laterale Einsatzplattengruppe 12 zu der Einsatzplattengruppe 13 der obersten Stufe in die Nuten 33a-33l des Halterohrs 2 und schließlich Anordnen und Befestigen des Halterohrs 20 durch Anschweißen oder Anschrauben am oberen Bereich des Halterohrs 2 und Verbinden mit dem Halterohr 2 durch ein Verbindungselement ausgebildet.

Bei einem Behälter für abgebrannte Kernbrennstoffe ist es wichtig, daß die strukturellen Festigkeit mit Sicherheit auch dann ausreicht, wenn angenommen wird, daß aus ir-



gendeinem Grund eine große äußere Kraft auf den Behälter einwirkt und der Einsatz einer starken axialen Stoßkraft unterliegt.

Wenn daher bei dem Aufbau der Fig. 6(a) und 6(b) die Kräfte aufnehmende Fläche am Haltering 20 möglicherweise nicht ausreicht, können wie in der Fig. 6(c) gezeigt Anschläge 43 am inneren Umfang des Halterings 20 so diametral angeschweißt oder angeschraubt werden, daß die untere Abschlussebene der Anschläge 43 an die obere Abschlussebene der Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe und der Einsatzplatten 12a-12d der nächsten Stufe oder Gruppe anschließt bzw. damit zusammenfällt. Dadurch läßt sich die Kraft aufnehmende Fläche am Haltering 20 wesentlich vergrößern.

(2) Ein Aufbau, bei dem das Halterrohr in mehrere axiale Teile geteilt werden kann

Die Fig. 7(a) ist eine teilweise aufgeschnittene, auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Anordnung bei einem Modifikationsbeispiel beim Zusammenbau und die Fig. 7(b) eine perspektivische Ansicht der Anordnung nach dem Zusammenbau.

Bei dieser Modifikation kann das Halterrohr 2 in Axialrichtung in mehrere Teile 21, 22, 23 aufgeteilt werden, das heißt in ein unterstes Teil 21, ein oberstes Teil 23 und in elf Teile 22A, 22B, die dazwischen übereinander angeordnet sind.

Im untersten Teil 21 sind im oberen Rand in Axialrichtung an acht Stellen parallele Nuten 35a-35h für die Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe 14 ausgebildet.

Im obersten Teil 23 sind im unteren Rand in Axialrichtung an acht Stellen parallele Nuten 37a-37h für die Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 (in der Figur nicht gezeigt, siehe jedoch Fig. 5, Fig. 6 und andere) ausgebildet.

Die elf Zwischenstücke 22 werden von sechs Teilen 22A und fünf Teilen 22B gebildet, die sich durch ihre Anordnung in Umfangsrichtung unterscheiden, wobei die Teile 22A und 22B in Axialrichtung abwechselnd abgeordnet sind. Der Aufbau der Teile 22A und 22B ist im wesentlichen der gleiche, die Teile 22A und 22B sind jedoch so angeordnet, daß sich ihre Stellung in Umfangsrichtung unterscheidet.

Die Teile 22A sind jeweils in Axialrichtung am oberen Rand an acht Stellen mit parallelen Nuten 36a-36h für die Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 bzw. die Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 und in Axialrichtung am unteren Rand an acht Stellen mit parallelen Nuten 36i-36p (in der Fig. 7(a) und 7(b) teilweise zu sehen) für die Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe 14 bzw. die Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 versehen.

Die Teile 22B sind jeweils in Axialrichtung am oberen Rand an acht Stellen mit parallelen Nuten 36a'-36h' für die Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 und in Axialrichtung am unteren Rand an acht Stellen mit parallelen Nuten 36i'-36p' (in der Fig. 7(a) und 7(b) teilweise zu sehen) für die Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 versehen.

Die Höhe der Teile 22A und 22B beträgt die Hälfte der Höhe der Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d der vertikalen und lateralen Einsatzplattengruppen 11, 12, wie es in der Fig. 7(a) zu sehen ist.

Die Teile 21, 22A, 22B und 23 sind aufeinanderfolgend angeordnet, in Umfangsrichtung weisen sie folgende Beziehung auf:

(a) Das Teil 21 in der untersten Stufe und das Teil 22A in der Stufe darüber

Die Nuten 36i, 36j, 36k, 36l, 36m, 36n, 36o und 36p am unteren Rand des Teils 22A sind so angeordnet, daß sie zusammen mit den Nuten 35a, 35b, 35c, 35d, 35e, 35f, 35g und 35h im oberen Rand des Teils 21, denen sie axial gegenüberliegen, jeweils einen axialen Schlitz 44 (siehe Fig. 7(b)) bilden.

(b) Das Teil 23 in der obersten Stufe und das Teil 22A in der Stufe darunter

Die Nuten 36a, 36b, 36c, 36d, 36e, 36f, 36g und 36h am oberen Rand des Teils 22A sind so angeordnet, daß sie zusammen mit den Nuten 38a, 38b, 38c, 38d, 38e, 38f, 38g und 38h im unteren Rand des Teils 23, denen sie axial gegenüberliegen, ebenfalls jeweils einen axialen Schlitz 44 bilden.

(c) Das Teil 22A in einer Zwischenstufe und das Teil 22B in der Stufe darüber

Die Nuten 36i', 36j', 36k', 36l', 36m', 36n', 36o' und 36p' am unteren Rand des Teils 22B sind so angeordnet, daß sie zusammen mit den Nuten 36a, 36b, 36c, 36d, 36e, 36f, 36g und 36h im oberen Rand des Teils 22A, denen sie axial gegenüberliegen, ebenfalls jeweils einen axialen Schlitz 44 bilden.

(d) Das Teil 22B in einer Zwischenstufe und das Teil 22A in der Stufe darüber

Die Nuten 36m, 36n, 36o, 36p, 36i, 36j, 36k und 36l am unteren Rand des Teils 22A sind so angeordnet, daß sie zusammen mit den Nuten 36a', 36b', 36c', 36d', 36e', 36f', 36g' und 36h' im oberen Rand des Teils 22B, denen sie axial gegenüberliegen, ebenfalls jeweils einen axialen Schlitz 44 bilden.

Was die Einsatzplatten betrifft, so sind die Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe 14, die Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe, die Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 für die Zwischenstufen und die Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 für die Zwischenstufen jeweils an ihren seitlichen Enden mit sich in Breitenrichtung erstreckenden Vorsprüngen 45 versehen, die den Schlitten 44 entsprechen und in diese passen.

Wenn die Gitterstruktur 1 durch abwechselndes Aufeinandersetzen der vertikalen Einsatzplattengruppen und der lateralen Einsatzplattengruppen von unten, das heißt beginnend mit den Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe durch Aufsetzen der Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11, der Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12, ... und schließlich der Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe ausgebildet wird, werden die Vorsprünge 45 jeweils in den entsprechenden Schlitz 44 eingesetzt und dort fixiert, ähnlich wie bei den Aufbauten der Fig. 5 und 6. Die entsprechende Beziehung ist:

(a) Das Teil 21 in der untersten Stufe und das Teil 22A in der Stufe darüber

Die Vorsprünge 45 der einzelnen Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe 14 werden jeweils in den Schlitz 44 eingesetzt, der durch die entsprechende der Nuten 35a-35h am oberen Rand des Teils 21 und die entsprechende der Nuten 36i-36p am unteren Rand des Teils 22A



gebildet wird.

- (b) Das Teil 23 in der obersten Stufe und das Teil 22A in der Stufe darunter

Die Vorsprünge 45 der einzelnen Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 werden jeweils in den Schlitz 44 eingesetzt, der durch die entsprechende der Nuten 38a-38h am unteren Rand des Teils 23 und die entsprechende der Nuten 36a-36h am oberen Rand des Teils 22A gebildet wird.

- (c) Das Teil 22A in einer Zwischenstufe und das Teil 22B in der Stufe darüber

Die Vorsprünge 45 der einzelnen Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 werden jeweils in den Schlitz 44 eingesetzt, der durch die entsprechende der Nuten 36a-36h am oberen Rand des Teils 22A und die entsprechende der Nuten 36i-36p' am unteren Rand des Teils 22B gebildet wird.

- (d) Das Teil 22B in einer Zwischenstufe und das Teil 22A in der Stufe darüber

Die Vorsprünge 45 der einzelnen Einsatzplatten 12a-12d der vertikalen Einsatzplattengruppe 12 werden jeweils in den Schlitz 44 eingesetzt, der durch die entsprechende der Nuten 36a'-36h' am oberen Rand des Teils 22B und die entsprechende der Nuten 36m-36p, 36i-36l am unteren Rand des Teils 22A gebildet wird.

Bei diesem Aufbau wird durch das Einsetzen der Vorsprünge 45 in die Schlitz 44 jede Bewegung der Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d und 14a-14d nicht nur senkrecht zur Axialrichtung (im vorliegenden Fall nach vorne und hinten, links und rechts), sondern auch in der axialen Richtung (hier auf und ab) verhindert, und die Einsatzplatten werden in den Schlitz 44 sicher gehalten.

Bei der vorliegenden Modifikation erfolgt der Zusammenbau des Behälters in folgender Reihenfolge: Zuerst werden die Einsatzplatten 14a-14d der untersten Einsatzplattengruppe 14 in das Teil 21 für die unterste Stufe eingesetzt, dann wird das Teil 22A darauf aufgesetzt, woraufhin die Einsatzplatten 11a-11d der vertikalen Einsatzplattengruppe 11 eingesetzt werden, dann das Teil 22B aufgesetzt wird, dann die Einsatzplatten 12a-12d der lateralen Einsatzplattengruppe 12 eingesetzt werden, das Teil 22A aufgesetzt wird, die Einsatzplatten der nächsten vertikalen Einsatzplattengruppe 11 eingesetzt werden, ... das Teil 22A aufgesetzt wird, die Einsatzplatten 13a-13d der obersten Einsatzplattengruppe 13 eingesetzt werden und das Teil 23 für die oberste Stufe aufgesetzt wird. Daraufhin werden die einzelnen Teile 21, 22A, 22B, 23 des Halterohrs durch Verbindungselemente 5 verbunden. Alle Elemente der Teile 21, 22A, 22B, 23 und der Einsatzplattengruppen 11, 12, 13 und 14 sind damit in axialer Richtung zu einer Einheit verbunden.

Im Vergleich zu der Ausführungsform der Fig. 4 ist die vorliegende Modifikation etwas komplexer und erfordert für das Befestigen von Schrauben und dergleichen mehr Arbeitszeit.

Dafür wird auch dann, wenn eine große äußere Kraft auf den Behälter für das radioaktive Material einwirkt und auf den Einsatz in Axialrichtung eine Stoßkraft ausgeübt wird, das Gewicht der einzelnen Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d und 14a-14d von den Teilen 21, 22A, 22B, 23 des Halterohrs über die Vorsprünge 45 aufgenommen. Die Stoßkraft wird daher nicht wie bei den Aufbauten der Fig. 4 bis 6 auf die Einsatzplatten 13a-13d (siehe Fig. 6 und an-

dere) an dem einen axialen Ende der Struktur (hier dem oberen Ende) oder die Einsatzplatten 14a-14d am anderen axialen Ende (dem unteren Ende) übertragen. Entsprechend kann die Dicke der einzelnen Einsatzplatten 11a-11d, 12a-12d, 13a-13d und 14a-14d verringert werden, so daß der Behälter für den abgebrannten Kernbrennstoff mehr Brennstoffelemente aufnehmen kann.

Die Fig. 8(a) zeigt einen Aufbau, bei dem eine Anordnung mit in Axialrichtung unterteiltem Halterohr (Teile 21 und 22) gemäß Modifikationsbeispiel (3) mit einer Anordnung mit einem mit durchgehenden Nuten am Innenumfang versehenen Halterohr 2 kombiniert ist. Aufgrund des Vorteils der Kraftaufnahme durch die axiale Unterteilung des Halterohrs in Teile gemäß Modifikationsbeispiel (3) kann die Dicke der Einsatzplatten auch bei dieser Ausführungsform kleiner sein, so daß auch hier mehr abgebrannter Kernbrennstoff in dem Behälter untergebracht werden kann. Die Art der Kombination und die Übergänge zwischen den einzelnen Strukturen können entsprechend den gegebenen Notwendigkeiten frei gewählt werden. Die Übergänge können nach dem Zusammenbau durch Verschweißen fixiert werden, wie es in der Fig. 8(b) gezeigt ist. In diesem Fall kann das Verbindungselement 5 des Modifikationsbeispiels (3) weggelassen werden.

### Dritte Ausführungsform

Die Fig. 9 ist ein Querschnitt durch einen Behälter für abgebrannten Kernbrennstoff gemäß einer dritten Ausführungsform. Bei dieser Ausführungsform sind von den Plattenelementen 103A, die den Einsatz 103 bilden und den Behälter 101 diametral durchsetzen, zwei Plattenelemente 103A' dicker ausgebildet als die anderen. An beiden Enden sind die Plattenelemente 103A an den Innenumfang des Halterohrs 106 angeschweißt.

Durch die dicken Plattenelemente 103A' erhöht sich die Festigkeit des Halterohrs 106, so daß sich insgesamt die Festigkeit des Einsatzes erhöht.

Nicht nur die diametralen Plattenelemente 103A', sondern auch andere Plattenelemente 103A können dicker gemacht werden als die übrigen Plattenelemente.

### Vierte Ausführungsform

Die Fig. 10 ist ein Querschnitt durch einen Behälter für abgebrannten Kernbrennstoff gemäß einer vierten Ausführungsform.

Bei dieser Ausführungsform ist ein wärmeleitendes Element 107 mit guter thermischer Leitfähigkeit am Außenumfang des Halterohrs 106 angebracht.

Entsprechend kann jede der Komponenten seine Rolle übernehmen: Die mechanische Festigkeit wird vom Halterohr 106 sichergestellt und die Wärmeableitung durch das wärmeleitende Element 107. Es wird damit der gleiche Vorteil wie bei einer Erhöhung der Dicke des Halterohrs 106 erhalten. Es kann in diesem Fall für das Halterohr 106 rostfreier Stahl verwendet werden und für das wärmeleitende Element 107 Kupfer oder Aluminium. Natürlich kann auch das Halterohr 106 selbst aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit hergestellt werden.

Die Fig. 10 zeigt ein Beispiel, bei dem im Einsatz 103 dicke Plattenelemente 103A' vorgesehen sind, die vorliegende Ausführungsform kann jedoch auch auf Einsätze mit Plattenelementen 103A gleicher Dicke angewendet werden, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist.

Die bei der zweiten und der dritten Ausführungsform beschriebenen Einsätze für Behälter für abgebrannte Kernbrennstoffe können durch die folgenden Einsätze ersetzt

werden.

Bei den Einsatzplattengruppen 11, 12 und 13 des in der Fig. 5 gezeigten Einsatzes kann die Dicke der Einsatzplatte, die in diametraler Richtung den Einsatz durchsetzt und die unter den Einsatzplatten der Gruppe die längste ist, dicker sein als die der anderen Einsatzplatten. Ein Einsatz mit Einsatzplattengruppen 11, 12, 13 mit Einsatzplatten verschiedener Dicke kann bei dem Behälter für abgebrannte Kernbrennstoffe eingesetzt werden, der bei den Ausführungsformen 2 und 3 beschrieben ist.

#### Patentansprüche

1. Einsatz für einen zylinderförmigen Behälter (101) für radioaktives Material (105), dadurch gekennzeichnet, daß der Einsatz (103) durch Einsatzplatten (103A) für die Aufnahme des radioaktiven Materials in Gitterform unterteilt ist, und daß ein Verstärkungselement (106), das über den ganzen äußeren Umfang des Einsatzes läuft, den äußeren Umfangsabschnittes des Einsatzes (103) verstärkt.
2. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstärkungselement (106) benachbarte Einsatzplatten (103A) miteinander verbindet, und daß das Verstärkungselement dicker ist als die Einsatzplatten.
3. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Einsatzplatten (103A) dicker ist als andere Einsatzplatten, und daß beide Enden der dicken Einsatzplatte mit dem Verstärkungselement (106) verbunden sind.
4. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstärkungselement (106) aus einem Material mit einer guten Wärmeleitfähigkeit ist.
5. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstärkungselement (106) an seinem äußeren Umfang mit einem Element (107) mit guter Wärmeleitfähigkeit verbunden ist.
6. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstärkungselement (106) im wesentlichen zylindrische Form hat und die Festigkeit der gitterförmigen Struktur des Einsatzes (103) dadurch erhöht, daß die äußeren Enden der Einsatzplatten (103A) am Innenumfang des Verstärkungselements gehalten und befestigt sind.
7. Einsatz nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Enden der Einsatzplatten (103A), die in Gitterform zusammengesetzt sind, in Nuten oder Schlitze (33) am inneren Umfang des Verstärkungselements (106) eingesetzt sind und dort gehalten werden.
8. Einsatz nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einsatzplatten in einer ersten Einsatzplatten-Gruppe (11), in der die Einsatzplatten parallel in einer Richtung ausgerichtet sind, und einer zweiten Einsatzplattengruppe (12) angeordnet sind, in der die Einsatzplatten parallel in einer Richtung ausgerichtet sind, die senkrecht zur Richtung der Einsatzplatten der ersten Einsatzplattengruppe liegt, und daß die Einsatzplatten-Gruppen (11, 12) in Axialrichtung abwechselnd aufeinander-gesetzt sind.
9. Einsatz nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einsatzplatten in der ersten und der zweiten Einsatzplattengruppe (11, 12) an den Stellen, an denen sich die Einsatzplatten im rechten Winkel kreuzen, mit Schlitzen (31, 32) versehen sind, und daß die erste Einsatzplattengruppen und die zweiten Einsatzplatten-Gruppen abwechselnd so aufeinander-gesetzt sind, daß die Schlitze (31, 32) ineinander eingreifen.

10. Einsatz nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstärkungselement in Axialrichtung in eine Anzahl Teile (21, 22A, 22B, 23) unterteilt ist, wobei die Einsatzplattengruppen und das Verstärkungselement durch Vorsprünge (45) an den Einsatzplatten und Nuten (35, 36, 37) in den Teilen des Verstärkungselements zu einem einheitlichen Körper zusammengesetzt sind.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG. 1

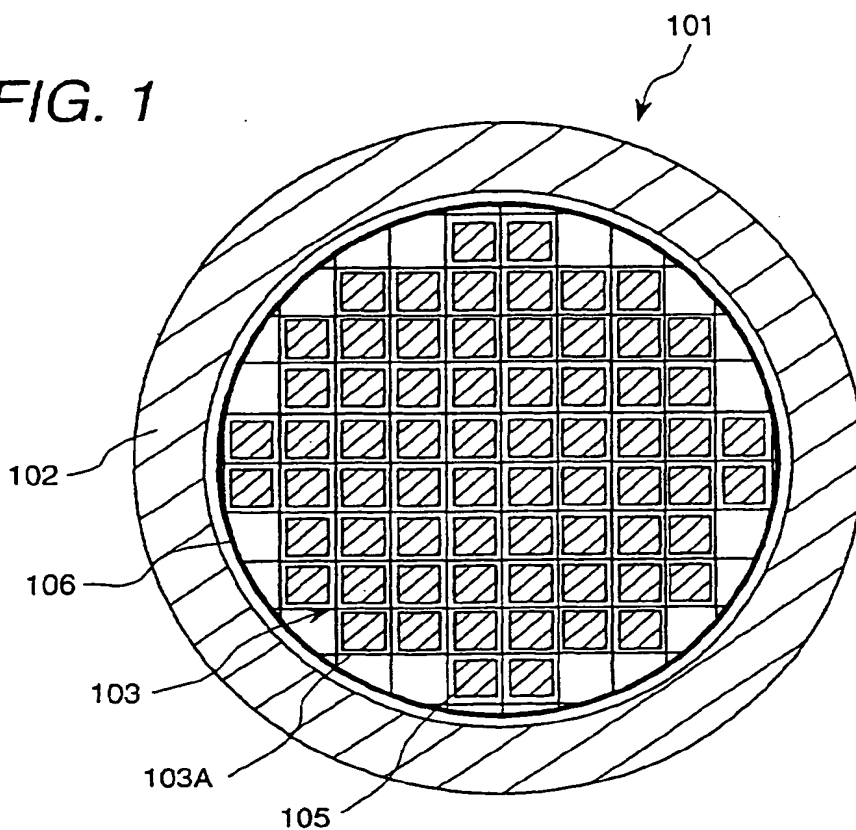


FIG. 2

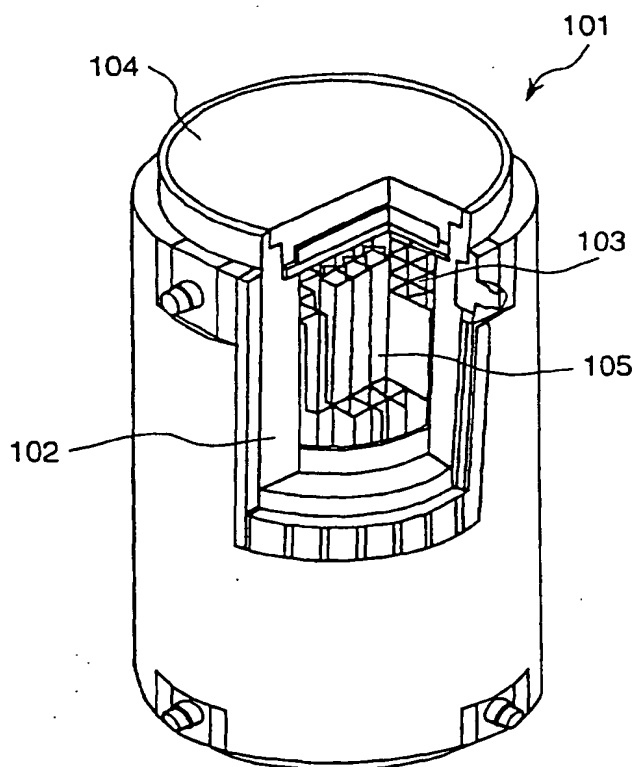


FIG. 3

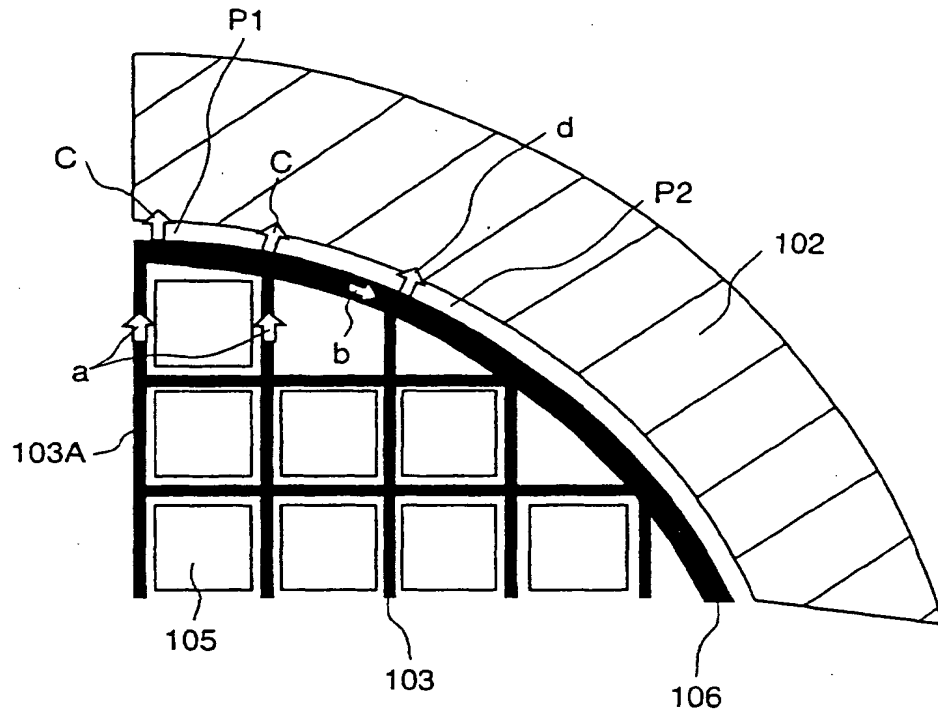


FIG. 4

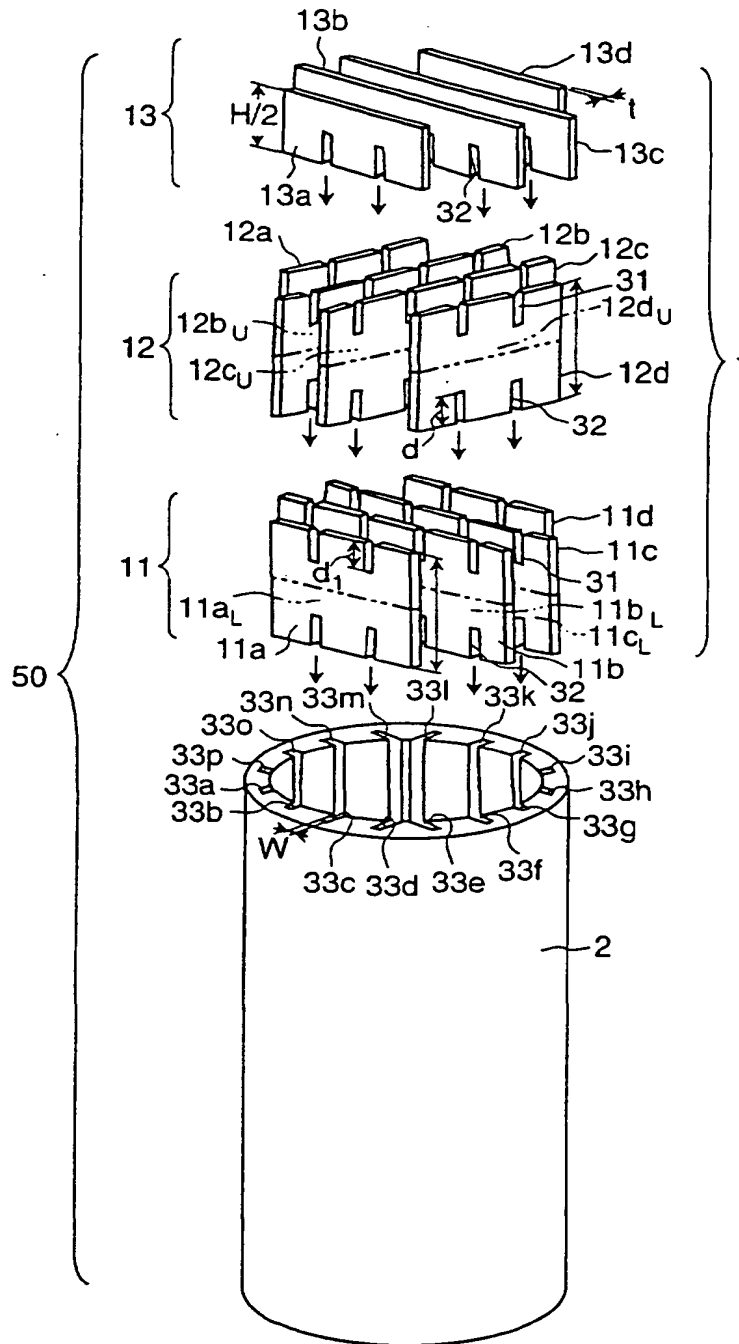


FIG. 5(a)

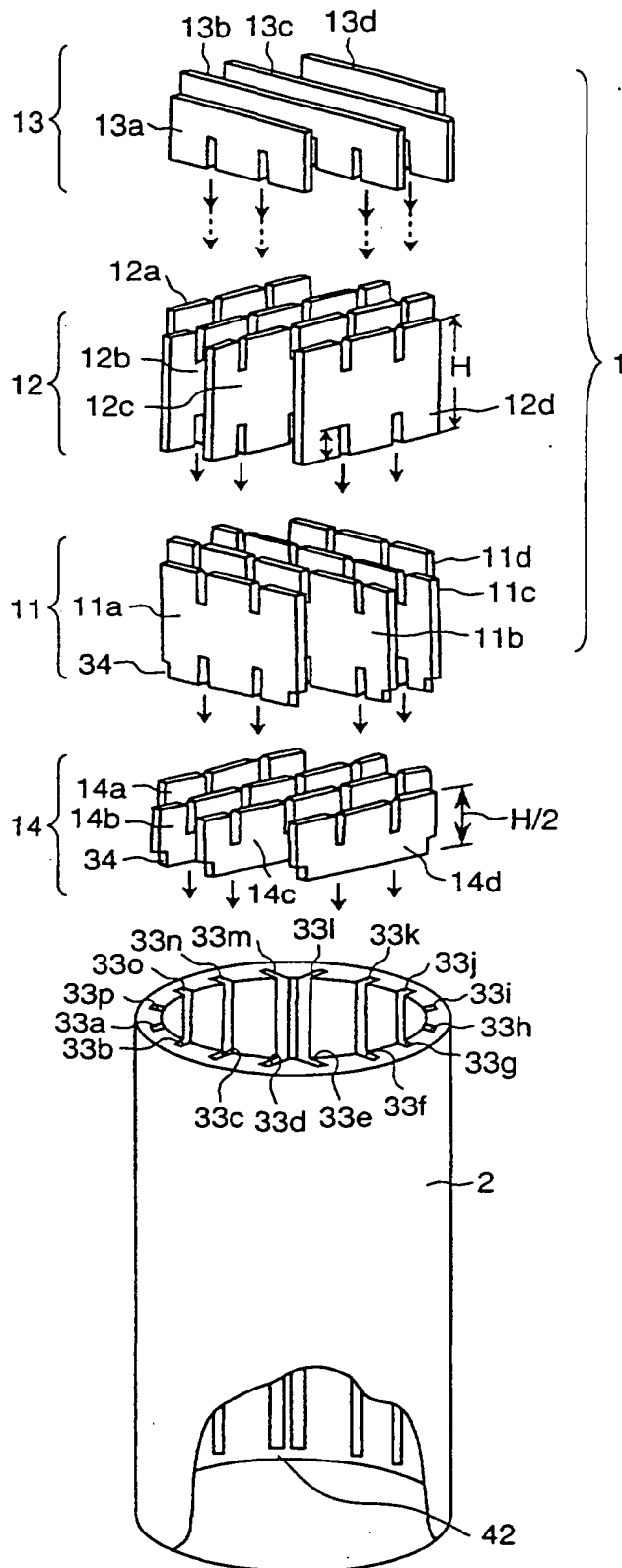


FIG. 5(b)

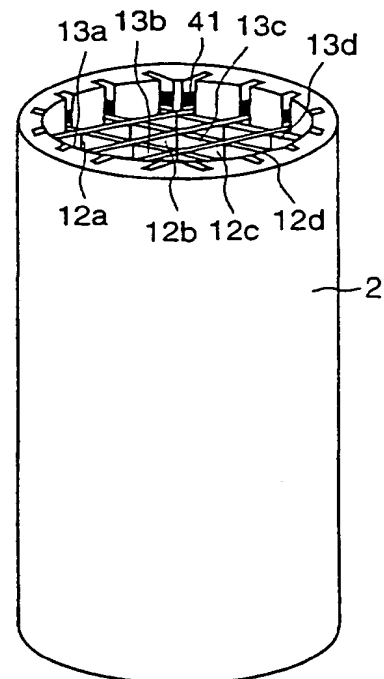




FIG. 6(a)

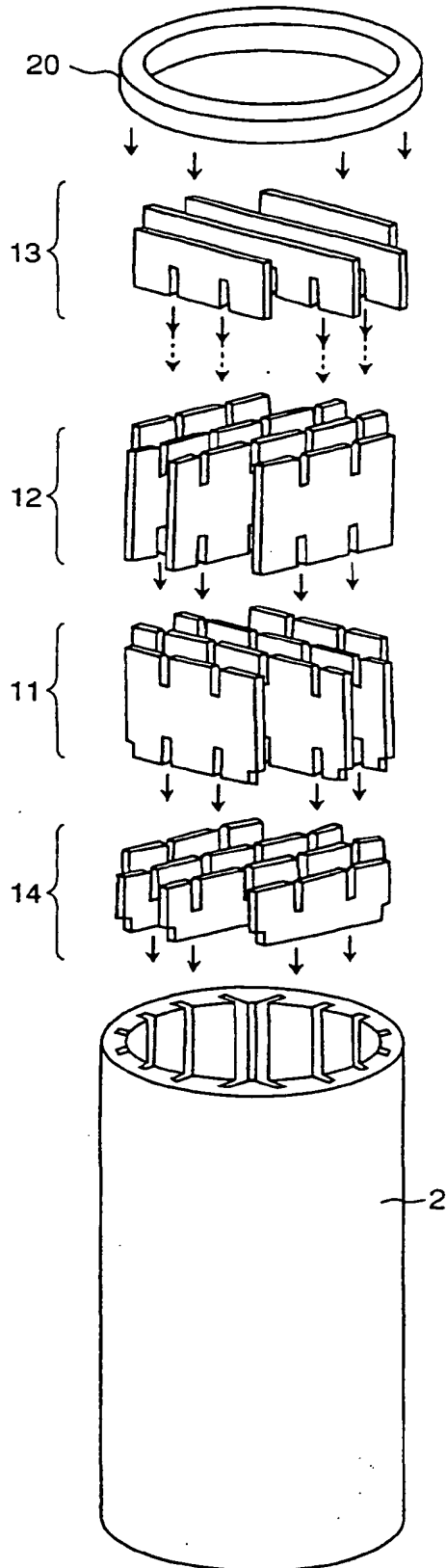


FIG. 6(b)

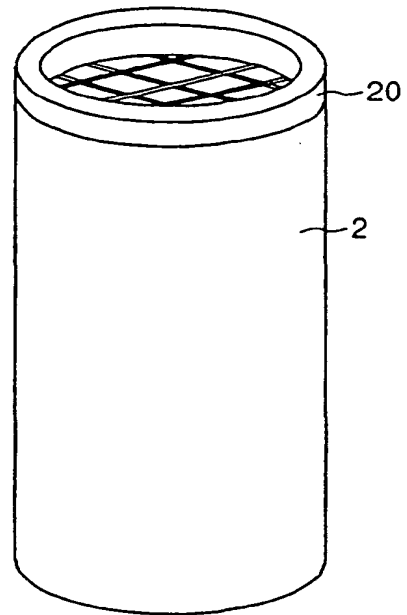


FIG. 6(c)

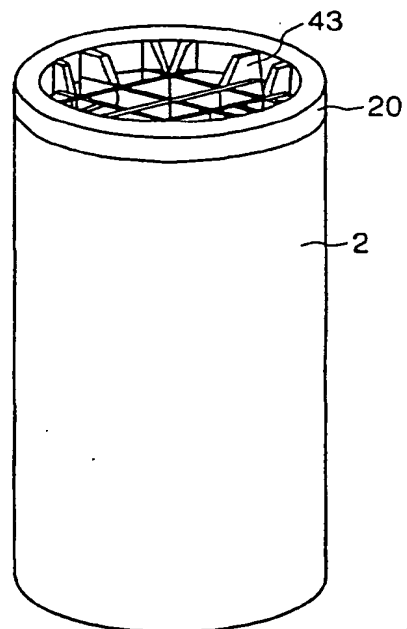


FIG. 7(a)

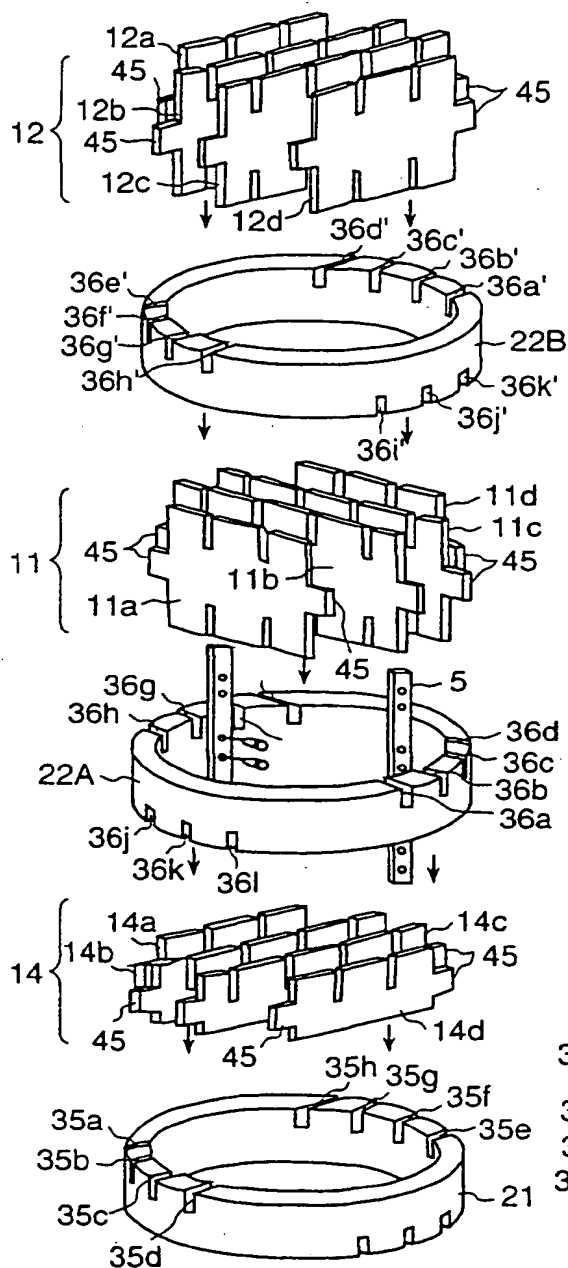


FIG. 7(b)

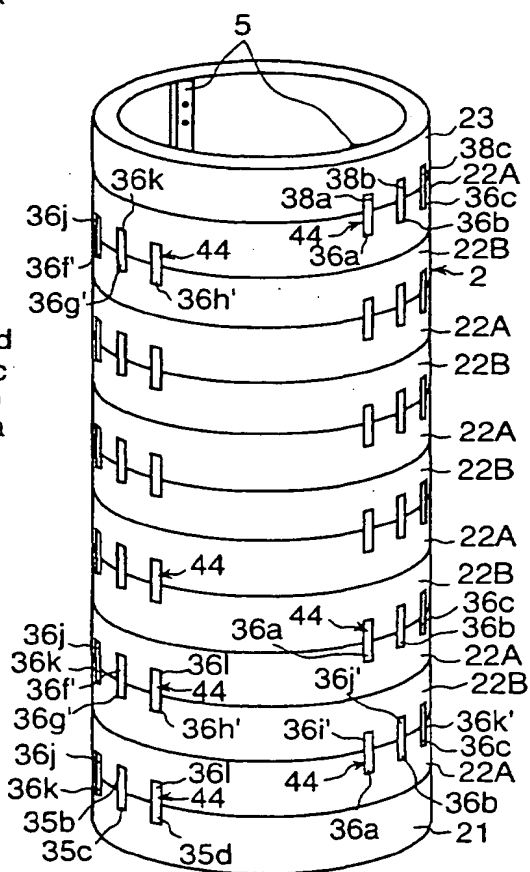


FIG. 8(a)

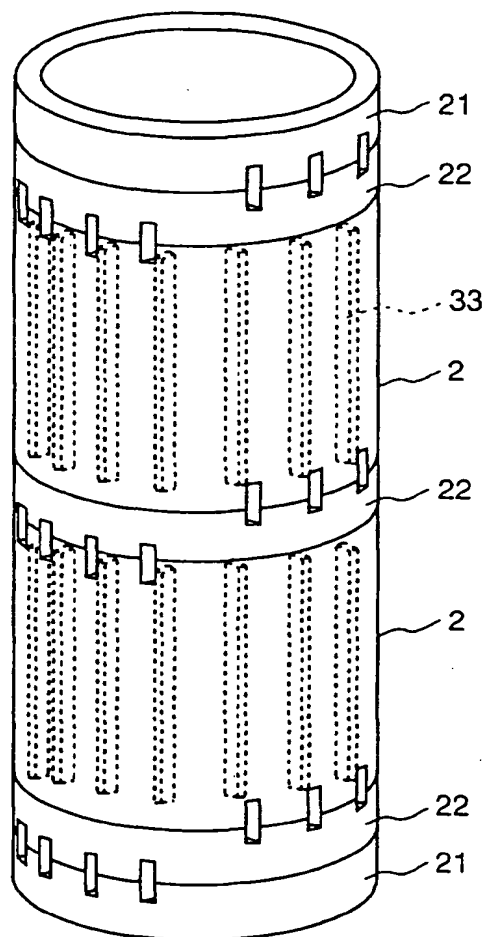


FIG. 8(b)

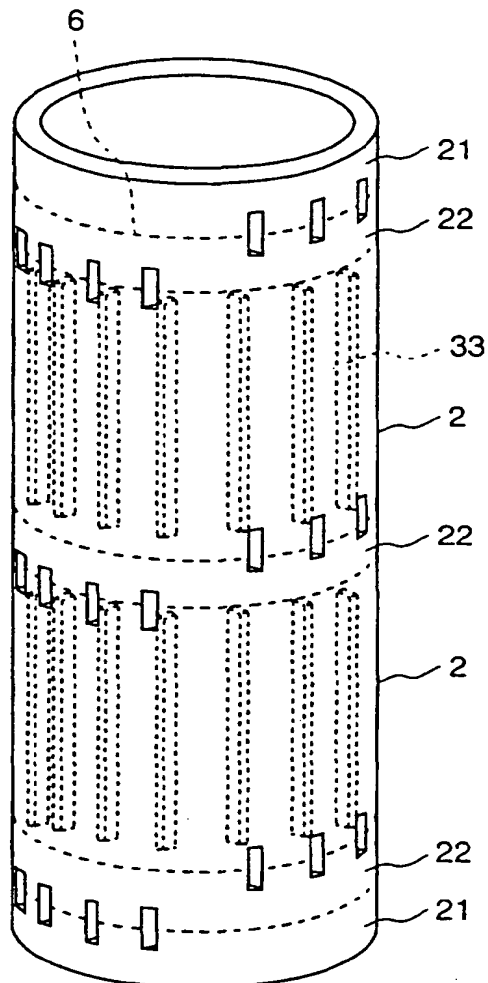


FIG. 9

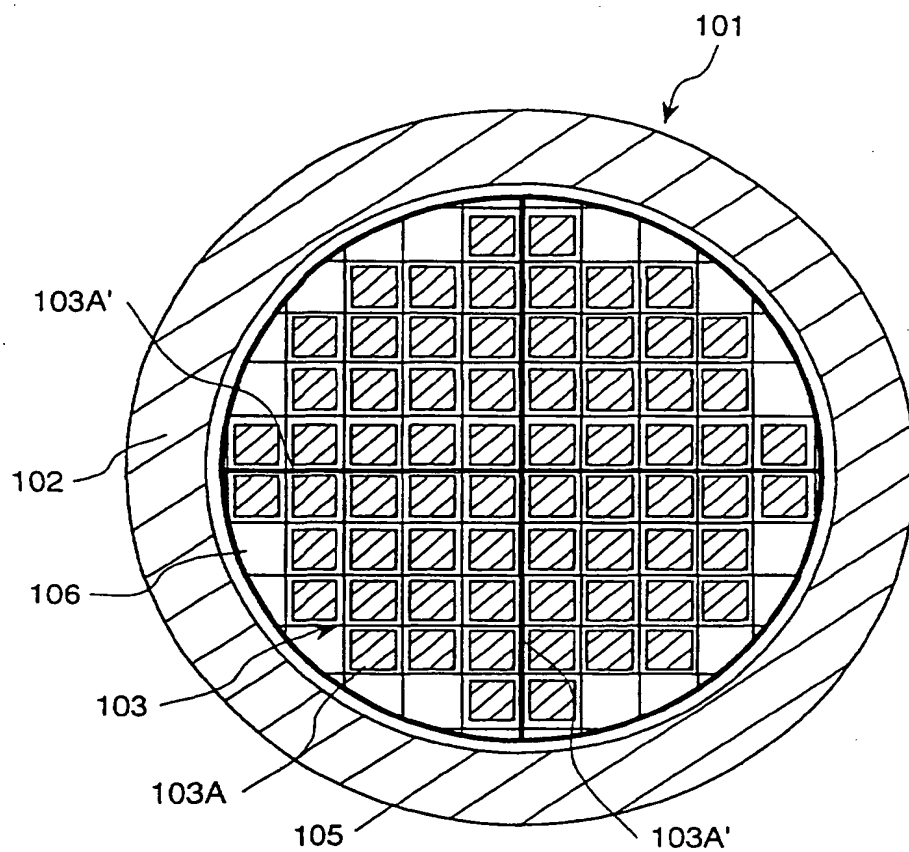


FIG. 10

